

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Metode pengumpulan data penelitian dilakukan dengan cara mempelajari jurnal dan literatur penulisan yang mendukung. Penelitian lain tentang rancang bangun mini reaktor dan uji reaktor pada perengkah katalitik lemak sapi menjadi bahan bakar cair menggunakan katalis MgO dan Zeolit yang dilakukan oleh Adi Riyadhi dan Syahrullah. Proses pirolisis dilakukan dalam suatu reaktor yang tahan terhadap panas dan tekanan tinggi, pada umumnya reaktor dibuat dari logam yang tahan karat dan tahan panas. Proses perengkahan di reaktor pirolisis bisa berlangsung secara tertutup, dalam arti tidak ada senyawa yang keluar selama proses perengkahan terjadi atau proses perengkahan berlangsung dengan reaktor terbuka, artinya selama proses perengkahan terjadi ada senyawa yang keluar dan terkondensasi menjadi fraksi cair. Merancang reaktor pirolisis vakum, dan di uji coba untuk mempirolisis Plant oil asphalt (POA) residu dari industry asam lemak menjadi biodiesel, tekanan yang digunakan sekitar 20-40 kPa pada temperature 400°C. Kekurangan mini reaktor ini adalah masih menggunakan bahan plastik dari perengkahan asam oleat berbasis minyak sawit dalam mikro reaktor tertutup dengan menggunakan katalis HZSM-5, hasil perengkahan diperoleh fraksi kerosin sebesar 27.2645 % [4].

Penelitian sebelumnya tentang Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana untuk Mengolah Limbah Plastik Polipropilena (PP) menjadi Bahan Bakar Cair (BBC) yang dilakukan oleh Nurhayati, Sparisoma Viridi, Anjar Purba Asmara, Zuhra Aina. Telah dilakukan rancang bangun alat pirolisis sederhana tipe manual. Alat tersebut dibuat dari bahan kaleng bekas kapasitas 900 g sebagai tabung reaktor yang disambungkan dengan pipa besi bekas sepanjang 1 m yang dibuat menyerupai huruf L untuk mengalirkan cairan hasil pirolisis. Sampah plastik polipropilena (PP) sebanyak 250 g yang dimasukkan dalam reaktor dan dipanaskan selama 90 menit dengan menggunakan kompor minyak tanah telah menghasilkan bahan bakar cair (BBC) sebesar 100 mL. Alat pirolisis sederhana tersebut mempunyai keuntungan tidak

menggunakan daya listrik dan sangat mudah mengoperasikannya serta terdapat kekurangan yaitu penggunaan barang kaleng bekas[4].

Penelitian tentang rancang bangun pembangkit listrik tenaga sampah (PLT_{Sa}) di lingkungan STT Migas Balikpapan yang dilakukan oleh Nurjanah, A.M. Miftahul Huda, Riza Hadi Saputra, Ain Sahara, Hasanudin dengan Tujuan penelitian ini memberikan alternatif dengan menciptakan pembangkit listrik tenaga sampah sebagai penghasil energi listrik terbarukan. Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan bahan serta dilanjutkan dengan perancangan komponen seperti, furnace, boiler, turbin uap, generator DC yang diintegrasikan menjadi satu, dan sampah sebagai bahan bakar. Komponen yang telah dikerjakan selanjutnya diuji dengan sampah plastik dan sampah kayu dikumpulkan lalu dimasukkan kedalam tungku pembakaran (furnace) kemudian sampah tersebut dibakar guna mendidihkan air didalam boiler. Perubahan kecepatan atau kecepatan relatif uap ini menimbulkan gaya untuk memutar turbin. Turbin yang terhubung ke generator inilah yang selanjutnya akan memutar generator untuk menghasilkan listrik. Berdasarkan hasil pengujian pembangkit listrik tenaga sampah secara langsung diperoleh nilai tegangan maksimal 13,76V dan kekurangan dari penelitian ini yaitu kurang maksimalnya tegangan yang dihasilkan.[5].

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan jenis mini reaktor termodifikasi baik secara mekanik maupun fungsi serta ingin membandingkan suhu yang dihasilkan dari reaktor pembakaran menggunakan bahan bakar tempurung kelapa. Berikut merupakan Tabel 2.1 Perbandingan Tinjauan Pustaka.

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Tinjauan Pustaka	Komponen Inti	Kesimpulan
Adi Riyadhi dkk,2017	Reaktor semi terbuka, teflon seals ring	Perengkahan tallow dengan reaktor sistem terbuka dilakukan dengan menggunakan pemanas api berbahan bakar gas LPG. Reaktor dikoneksikan langsung dengan

Tinjauan Pustaka	Komponen Inti	Kesimpulan
		<p>sistem pendingin distilasi agar tallow yang sudah terengkah langsung menguap keluar dan di kondensasikan menjadi fraksi cair. Pendingin yang digunakan adalah air yang diberi es yang dipompa ke dalam pipa kondensor</p>
Nurhayati dkk,2018	<p>Reaktor pirolisis yang terbuat dari kaleng besi, kompor gas, botol plastiik</p>	<p>Proses pirolisis PP telah berhasil dilakukan dengan reaktor sederhana berbahan bakar minyak tanah. Pirolisis ini menghasilkan bahan bakar cair dengan densitas 0,734 g/mL. Hasil uji pembakaran menunjukkan bahwa bahan bakar ini tergolong efektif dan efisiensi parsial waktu untuk mendidihkan aquades. Untuk mencapai efisiensi mutlak, penelitian lanjutan diperlukan dengan pirolisis menggunakan reaktor sederhana ini berbantuan katalis</p>

Tinjauan Pustaka	Komponen Inti	Kesimpulan
Nurjanah dkk,2021	Drum besi, penghilang asap , valve	Mekanisme kerja dari PLTsa adalah sampah dibakar untuk menghasilkan panas, panas tersebut mengubah air menjadi uap pada boiler. Selanjutnya, uap air bertekanan tinggi akan menggerakkan turbin untuk generator berputar menghasilkan listrik
M. D. Prayogo, 2022	Drum besi, sensor <i>ThermoCoupler</i> max6675, <i>pressure gauge, control valve</i>	Reaktor yang terbuat dari bejana drum besi dan pipa besi sebagai penyalur uap, dengan cara kerjanya sampah dibakar untuk menghasilkan panas, panas tersebut mengubah air menjadi uap pada boiler. Selanjutnya, uap air bertekanan tinggi akan menggerakkan turbin dan generator menghasilkan listrik.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Waste to Energy

Waste to Energy atau WTE adalah proses menghasilkan energi dalam bentuk panas atau listrik dari sampah, dengan menggunakan berbagai macam teknologi yang terus dikembangkan, metode ini bertujuan untuk mengkompres dan membuang sampah bersamaan dengan menghasilkan energi di saat yang sama. Fasilitas *waste to energy* membakar sampah domestik dan sejenis sampah domestik yang tidak bisa dihindari atau didaur ulang. Sumber energi biomassa mempunyai

beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga dapat menjadi sumber energi yang berkesinambungan. Penggunaan biomassa untuk energi di tingkat rumah tangga pada umumnya dalam bentuk bahan bakar langsung. Namun demikian, sejak diperkenalkan pengelolaan dan pemanfaatan limbah biomassa untuk energi, beberapa daerah khususnya di perdesaan telah memanfaatkan limbah kotoran ternak, tinja, dan sampah organik rumah tangga untuk pengadaan energi rumah tangga. Aktivitas pembakaran tersebut kemudian akan menghasilkan energi, bisa dalam bentuk uap, listrik, atau air panas.

2.2.2 Reaktor

Reaktor adalah suatu alat proses tempat di mana terjadinya suatu reaksi berlangsung, baik itu reaksi kimia atau nuklir dan bukan secara fisika, dengan terjadinya reaksi inilah suatu bahan berubah ke bentuk bahan lainnya, perubahannya ada yang terjadi secara spontan ataupun terjadi dengan sendirinya atau bisa juga butuh bantuan energi seperti panas (contoh energi yang paling umum). Perubahan yang dimaksud adalah perubahan kimia, jadi terjadi perubahan bahan bukan fase misalnya dari air menjadi uap yang merupakan reaksi fisika. Ada dua jenis reaktor yaitu reaktor nuklir dan reaktor kimia[6].

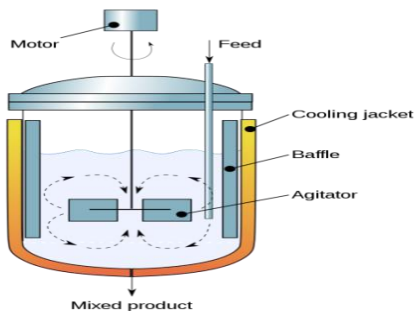
2.2.3 Reaktor Kimia

Reaktor kimia adalah alat yang dirancang sebagai tempat terjadinya reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk. Pembuatan reaktor kimia harus memastikan bahwa reaksi menghasilkan efisiensi yang paling tinggi ke arah produk keluaran yang diinginkan, agar industri yang membuat reaktor dapat meminimalisir biaya operasional untuk memperoleh produk yang maksimal. Ada dua jenis reaktor kimia yaitu reaktor tangki atau bejana dan reaktor pipa[7].

1) Reaktor Alir Tangki Berpengaduk

Reaktor berpengaduk mempunyai bagian utama yaitu tangki dan pengaduk, pada umumnya reaktor ini dilengkapi dengan saluran masuk dan keluar serta perlengkapan lain sesuai kebutuhannya misalnya

tutup, termometer, dan pemanas. RATB dikenal juga sebagai RTIK (Reaktor Tangki Ideal Kontinu). Di RATB, satu atau lebih reaktan masuk ke dalam suatu bejana berpengaduk dan bersamaan dengan itu sejumlah yang sama (produk) dikeluarkan dari reaktor. Pengaduk dirancang sehingga campuran teraduk dengan sempurna dan diharapkan reaksi berlangsung secara optimal. Waktu tinggal dapat diketahui dengan membagi volum reaktor dengan kecepatan volumetrik cairan yang masuk reaktor. Pertukaran panas pada reaktor biasanya dilengkapi dengan mantel ganda yang dilas atau disambung dengan flens atau dilengkapi dengan kumparan yang berbentuk belahan pipa yang dilas untuk mencegah kerugian panas yang tidak dikehendaki tangki dapat diisolasi[8]. Bagian-bagian reaktor berpengaduk dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.

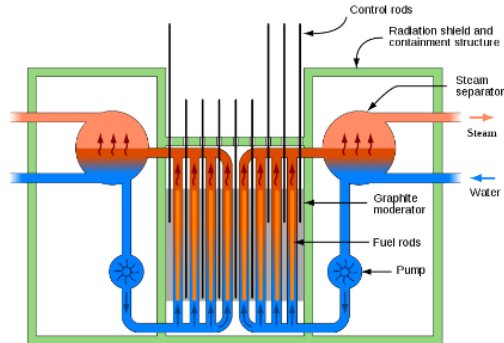


Gambar 2. 1 Reaktor Alir Tangki Bepengaduk[8]

2) Reaktor Alir Pipa

RAP dikenal juga sebagai RAS (Reaktor aliran Sumbat). Dalam RAP, satu atau lebih reaktan dipompa ke dalam suatu pipa, biasanya reaksi yang menggunakan RAP adalah reaksi fase gas. Reaksi kimia berlangsung sepanjang pipa sehingga semakin panjang pipa konversi akan semakin tinggi, namun tidak semudah ini menaikkan konversi, dalam RAP konversi terjadi secara gradien, pada awalnya kecepatan reaksi berlangsung secara cepat namun setelah panjang pipa tertentu jumlah reaktan akan berkurang dan kecepatan reaksi berlangsung lebih lambat dan akan makin lambat seiring panjangnya pipa. Artinya, untuk

mencapai konversi 100% panjang pipa yang dibutuhkan adalah tak terhingga[9]. Berikut merupakan Gambar 2.2 Reaktor alir pipa.



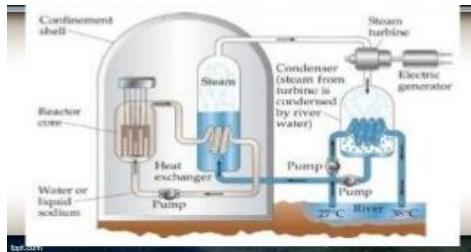
Gambar 2. 2 Reaktor Alir Pipa[8]

2.2.4 Reaktor Nuklir

Reaktor nuklir adalah suatu tempat atau perangkat yang digunakan untuk membuat, mengatur, dan menjaga kesinambungan reaksi nuklir berantai pada laju yang tetap. Berbeda dengan bom nuklir, yang reaksi berantainya terjadi pada orde pecahan detik dan tidak terkontrol. Reaktor nuklir digunakan untuk banyak tujuan. Saat ini, reaktor nuklir paling banyak digunakan untuk membangkitkan listrik. Reaktor penelitian digunakan untuk pembuatan radioisotop (isotop radioaktif) dan untuk penelitian. Awalnya, reaktor nuklir pertama digunakan untuk memproduksi plutonium sebagai bahan senjata nuklir. Ada dua jenis reaktor nuklir yaitu reaktor fisi dan reaktor fusi.

1) Reaktor Fisi

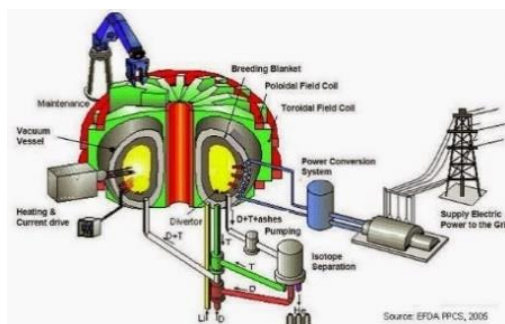
Reaktor fisi merupakan instalasi yang menghasilkan daya panas secara konstan dengan memanfaatkan reaksi fisi berantai. Istilah ini dibedakan dengan reaktor fusi yang memanfaatkan panas dari reaksi fusi. Dimungkinkan adanya reaktor yang memadukan kedua jenis tersebut (reaktor hibrid). Berikut merupakan Gambar 2.3 Reaktor fisi.



Gambar 2. 3 Reaktor Fisi[10]

2) Reaktor Fusi

Reaktor fusi adalah suatu instalasi untuk mengubah energi yang terjadi pada reaksi fusi menjadi energi panas atau listrik yang mudah dimanfaatkan. Reaksi fusi merupakan reaksi penggabungan inti atom ringan, misalnya reaksi antara deuterium dan tritium. Deuterium sangat melimpah di alam, namun tritium tidak ada di alam ini. Oleh karena itu, bahan yang mengandung Li-6 digunakan sebagai selimut, selanjutnya direaksikan dengan neutron yang terjadi dari reaksi fusi untuk menghasilkan tritium, sehingga diperoleh siklus bahan bakar. Sistem reaktor fusi terdiri dari bagian plasma teras, selimut, bejana vakum, magnet superkonduktor, dan lain-lain. Dibandingkan dengan reaktor fisi, reaktor fusi tidak akan mengalami lepas kendali, dan sedikit menghasilkan produk radioaktif, sehingga memiliki tingkat keselamatan yang tinggi[10]. Berikut merupakan Gambar 2.4 Reaktor fusi.



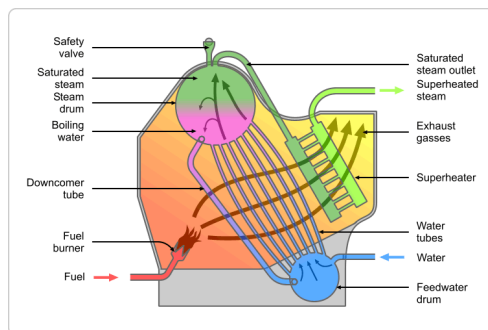
Gambar 2. 4 Reaktor Fusi[10]

2.2.5 Boiler

Boiler merupakan mesin kalor (thermal engineering) yang mentransfer energi-energi kimia atau energi otomis menjadi kerja / usaha[11]. Boiler atau ketel uap adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk menghasilkan steam. Steam diperoleh dengan memanaskan bejana yang berisi air dengan bahan bakar. Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler dirancang untuk melakukan atau memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, yang biasanya berupa pembakaran bahan bakar. Boiler berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonfersikan energi kimia (potensial) dari bahan bakar menjadi energi panas. Terdapat dua jenis boiler yaitu boiler pipa api dan boiler pipa air.

1) Boiler Pipa Air

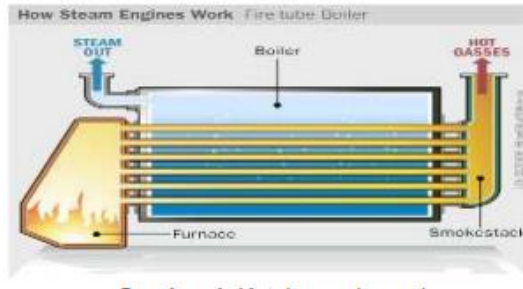
boiler pipa-air adalah boiler dengan pipa-pipa berisikan air tersirkulasi, yang dipanaskan oleh api di sisi luar pipa. Boiler pipa-air memiliki desain berkebalikan dengan boiler pipa-api. Boiler ini mensirkulasikan air melewati saluran-saluran pipa dengan sumber panas berasal dari ruang bakar (furnace). Pipa-pipa yang menjadi saluran sirkulasi air-uap air ini, berada di dalam selimut api ruang bakar hingga saluran gas panas hasil pembakaran. Pada boiler-boiler pipa-air modern dengan beban produksi besar, ada beberapa bagian pipa-pipa air yang didesain menjadi dinding dari ruang bakar boiler. Berikut merupakan gambar 2.5 Boiler pipa air



Gambar 2. 5 Boiler Pipa Air[12]

2) Boiler Pipa Api

Pada ketel uap pipa api, nyala api dan gas panas yang dihasilkan dari pembakaran, mengalir melalui pipa – pipa api yang dikelilingi oleh air. Panas kemudian dikonduksikan melalui dinding pipa dari gas panas ke air di sekeliling pipa tersebut[13]. Berikut merupakan Gambar 2.6 Boiler Pipa Api



Gambar 2. 6 Boiler Pipa Api[13]

2.3 Komponen – Komponen Alat

2.3.1 Bejana Drum

Bejana drum ini merupakan drum besi dengan ketebalan yang mampu meredam tekanan dan uap dari hasil pembakaran tempurung kelapa pada proses reaktor mini termodifikasi sendiri. Berikut merupakan Gambar 2.7 Bejana drum minyak.



Gambar 2. 7 Bejana Drum Minyak
(sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.2 Pengukur Tekanan / Pressure Gauge

Pengukur tekanan adalah instrumen yang digunakan untuk mengukur laju tekanan dalam sistem. Mengukur tekanan pada mesin merupakan aktivitas penting. Banyak industri yang menggunakan perangkat mekanis dalam mengukur tingkat tekanan yang digunakan oleh mesin. Ini membantu untuk memastikan tingkat kinerja dan efisiensi alat berat. Ada berbagai peralatan yang digunakan untuk mengukur tingkat tekanan pada perangkat diantaranya adalah pengukur tekanan. Spesifikasi *pressure gauge* ini bekerja dengan maksimal 25 bar, dengan diameter 2,5 inch[14]. Berikut merupakan Gambar 2.8 Pengukur tekanan/pressure gauge.



Gambar 2. 8 Pengukur Tekanan
(sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.3 Sensor Termokopel

Termokopel (thermocouple) merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (Temperature). Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara - 200°C hingga 2000°C. Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan.

Thermocouple merupakan sensor yang mengubah besaran suhu menjadi tegangan, dimana sensor ini dibuat dari sambungan dua bahan metallic yang berlainan jenis. Sambungan ini dikomposisikan dengan campuran kimia tertentu, sehingga dihasilkan beda potensial antar sambungan yang akan berubah terhadap suhu yang dideteksi. Thermocouple suatu rangkaian yang tersusun dari dua buah logam yang masing-masing mempunyai koefisien muai panjang berbeda yang dihubungkan satu dengan yang lain pada ujung-ujungnya. Jika pada kedua titik hubung kedua logam tersebut mempunyai perbedaan temperature, maka timbullah beda potensial yang memungkinkan adanya arus listrik di dalamnya. Probe sensor thermocouple ini mempunyai range tekanan $-200^{\circ}\text{C} - 1300^{\circ}\text{C}$, bekerja pada tegangan 5 V dc dengan *operating current* 50 mA. Panjang probe sensor thermocouple 25 mm dengan berat 4 g.[15] Berikut merupakan Gambar 2.9 Sensor termokopel.



Gambar 2. 9 Sensor Termokopel
(sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.4 *Exhaust Valve*

Exhaust Valve adalah untuk mempercepat pembuangan gas bertekanan didalam silinder, sehingga valve akan menutup dengan cepat apabila terjadi keadaan darurat. Gas bertekanan dari kontrol pilot dari *Well Control Panel* masuk melalui inlet kemudian diteruskan ka *Safety Valve* (cylinder).Bila tekanan pada kontrol Pilot terbuang maka adanya perbedaan tekanan akan menyebabkan diapragma bergerak keatas

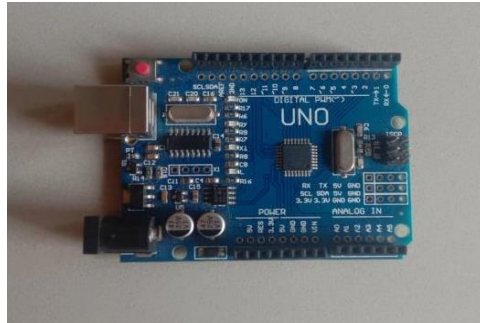
sehingga inlet dan membuka lorong exhaust sehingga gas bertekanan yang ada di dalam silinder valve terbuang dengan cepat[16]. Berikut merupakan Gambar 2.10 Ball valve.



Gambar 2. 10 Ball Valve
(sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.5 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada Atmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. Spesifikasi yang dimiliki arduino uno dimana tegangan operasi 5V dengan input tegangannya 7-12V dan limit tegangannya 6-20V; arus DC per IO 40 mA dan arus DC untuk pinnya 3.33 V 50Ma[17]. Berikut merupakan Gambar 2.11 Arduino uno.



Gambar 2. 11 Arduino UNO
(sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.6 Modul MAX6675

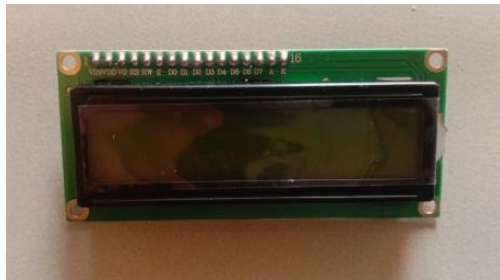
MAX6675 adalah salah satu modul yang mampu bekerja dengan Arduino dan dapat berperan sebagai cold junction termokopel tipe K. Modul MAX6675 dipilih karena range pengukurannya yang besar yaitu dapat mengukur suhu pada titik panas 0°C sampai 1024°C . Modul max6675 mempunyai 5 pin input yang dihubungkan ke mikrokontroler dan 2 output dihubungkan ke probe sensor thermocouple, menggunakan mode output mode SPI digital signal. Sensor ini bekerja pada tegangan 5 V dc dengan *operating current* 50mA.[16]. Berikut merupakan Gambar 2.12 Modul Max6675.



Gambar 2. 12 Modul MAX6675
(sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.7 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16X2

LCD LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menampilkan suatu data dapat berupa karakter, huruf, simbol maupun grafik. Karena ukurannya yang kecil maka LCD banyak dipasangkan dengan *Mikrokontroller*. LCD tersedia dalam bentuk modul yang mempunyai pin data, control catu daya, dan pengatur kontras. Modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol I2C/IIC (*Inter Integrated Circuit*) atau TWI (*Two Wire Interface*) normalnya, modul LCD dikendalikan secara parallel baik untuk jalur data maupun kontrolnya. Spesifikasi LCD memiliki *display 2 line x 16 characters*; memiliki *supply* tegangan sebesar 5V dan berdimensi 80x 35x11mm[19]. Berikut merupakan Gambar 2.13 Lcd 2x16.



Gambar 2. 13 LCD 2X16
(sumber:dok.pribadi, 2022)

2.3.8 Flow Mater

Flow meter adalah salah satu alat yang dipakai untuk mengetahui aliran material (gas, cair) dalam suatu jalur aliran pada waktu tertentu. Alat ukur ini akan menunjukkan data ukuran berupa angka. Flow meter dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui besar kecilnya kebutuhan air atau udara. Hal ini berguna untuk menyesuaikan aliran kebutuhan mesin terhadap aliran udara atau air. Sehingga suatu mesin tidak lagi kekurangan air maupun udara untuk melakukan kinerjanya[20]. Berikut merupakan Gambar 2.14 Flow meter



Gambar 2. 14 Flow Meter
(sumber:dok.pribadi, 2022)